



CENTRO DE INSTRUÇÃO DE ARTILHARIA DE MÍSSEIS E FOGUETES

2º TEN ART ANDRÉ CARELLI SHERVIS

**COMPARAÇÃO DO MÉTODO DE ATAQUE DO CST COM O DESCRITO NO
MANUAL DE DIREÇÃO DE TIRO**

**Formosa – GO
2020**



CENTRO DE INSTRUÇÃO DE ARTILHARIA DE MÍSSEIS E FOGUETES

2º TEN ART ANDRÉ CARELLI SHERVIS

**COMPARAÇÃO DO MÉTODO DE ATAQUE DO CST COM O DESCRITO NO
MANUAL DE DIREÇÃO DE TIRO**

Trabalho acadêmico apresentado ao Centro de Instrução de Artilharia de Mísseis e Foguetes, como requisito para a especialização em Operação do Sistema de Mísseis e Foguetes.

**Formosa – GO
2020**



**MINISTÉRIO DA DEFESA
EXÉRCITO BRASILEIRO
COMANDO MILITAR DO PLANALTO
CENTRO DE INSTRUÇÃO DE ARTILHARIA DE MÍSSEIS E FOGUETES
DIVISÃO DE DOCTRINA E PESQUISA**

FOLHA DE APROVAÇÃO

Autor: 2º TEN ART ANDRÉ CARELLI SHERVIS

**TÍTULO: COMPARAÇÃO DO MÉTODO DE ATAQUE DO CST COM O
DESCRITO NO MANUAL DE DIREÇÃO DE TIRO**

Trabalho acadêmico apresentado ao Centro de Instrução de Artilharia de Mísseis e Foguetes, como requisito para a especialização em Operação do Sistema de Mísseis e Foguetes.

APROVADO EM ____/____/2020
CONCEITO: _____

BANCA EXAMINADORA

Membro	Menção Atribuída
<hr/> DANIEL SUCCI SILVA – Maj Chefe da Divisão de Ensino	
<hr/> RODRIGO VINICIUS DA SILVA – Maj Chefe da Divisão de Doutrina e Pesquisa	
<hr/> IVAN CRISTIANO DE OLIVEIRA – Cap Orientador	

ANDRÉ CARELLI SHERVIS – 2º Ten
Aluno

“O chamado deus dos exércitos está sempre do lado da nação que tem a melhor artilharia, os melhores generais”

(ERNEST RENAN)

COMPARAÇÃO DO MÉTODO DE ATAQUE DO CST COM O DESCRITO NO MANUAL DE DIREÇÃO DE TIRO

André Carelli Shervis

RESUMO

O presente trabalho busca responder questões acerca da precisão de um dos sistemas eletrônicos utilizados pelas viaturas ASTROS, mais precisamente sobre o Software Análise da Missão, presente no Computador Tático (CST) da VBCC-MSR e da VBPC-MSR. Através de testes utilizando diversos parâmetros e buscando eliminar quantas variáveis fosse possível, buscou-se saber se os resultados encontrados pelo sistema ao calcular o número de foguetes necessários para uma determinada missão de tiro são os mesmos de caso a mesma missão ser calculada pelos métodos convencionais, através da Ficha de Método de Ataque.

Palavras-chave: CST. Software. Sistema. Artilharia. Mísseis. Foguetes. ASTROS. Viatura. Método de Ataque. Saturação.

ABSTRACT

This work seeks to answer questions about the accuracy of one of the electronic systems used by ASTROS vehicles, more precisely on the Mission Analysis Software, present in the Tactical Computer (CST) of the VBCC-MSR and VBPC-MSR. Through tests using several parameters and seeking to eliminate as many variables as possible, we sought to know if the results found by the system when calculating the number of rockets needed for a given shooting mission are the same if the same mission is calculated by conventional methods, through the Attack Method Sheet.

Key words: CST. Software. System. Artillery. Missiles. Rockets. ASTROS. Military Vehicle. Attack Method. Saturation

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Exemplo de gráfico de densidade de saturação	11
Figura 2 - Tabela de densidade de saturação.....	12
Figura 3 - Ficha de Método de Ataque.....	13
Figura 4 - Tela do Software Análise da Missão, do CST.....	13

LISTA DE TABELAS

Tabela 01	- Distribuição das variáveis nos testes com o CST.....	15
Tabela 02	- Resultados gerais.....	16
Tabela 03	- Resultados com testes para 10% de saturação.....	16
Tabela 04	- Resultados com testes para 20% de saturação.....	16
Tabela 05	- Resultados com testes para 30% de saturação.....	17
Tabela 06	- Resultados com testes para 50% de saturação.....	17
Tabela 07	- Resultados com testes para 50% de nível de certeza.....	17
Tabela 08	- Resultados com testes para 60% de nível de certeza.....	17
Tabela 09	- Resultados com testes para 80% de nível de certeza.....	17
Tabela 10	- Resultados com testes para 99% de nível de certeza.....	17
Tabela 11	- Resultados com testes para altitude de 0m.....	17
Tabela 12	- Resultados com testes para altitude de 1000m.....	17
Tabela 13	- Resultados com testes para altitude de 2000m.....	18
Tabela 14	- Resultados com testes para altitude de 3000m.....	18
Tabela 15	- Resultados com testes para alvo de 0,2826 km ²	18
Tabela 16	- Resultados com testes para alvo de 12,56 km ²	18
Tabela 17	- Valor de 2xCEP x valor que pode ser inserido no sistema.....	19
Tabela 18	- N° de foguetes a partir de diferentes raios da AEB.....	20

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	08
1.1	PROBLEMA.....	08
1.2	OBJETIVOS.....	09
1.3	JUSTIFICATIVA	10
2	METODOLOGIA	11
2.1	REVISÃO DE LITERATURA	11
2.2	COLETA DE DADOS	14
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	16
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS	21
	REFERÊNCIAS	22

1 INTRODUÇÃO

O ASTROS é o sistema de mísseis e foguetes utilizado pelo Exército Brasileiro. Sua principal função no combate é realizar a saturação de área, ou seja, disparar uma grande quantidade de fogos sobre uma região em um curto espaço de tempo. Desse modo é possível maximizar os efeitos sobre os alvos, impedindo que o inimigo tenha a chance de se abrigar ou de deixar o local onde está. (BASTOS, 2009, p. 34)

O aprofundamento do combate também é uma função que pode ser atribuída às Baterias e aos Grupos de Mísseis e Foguetes. O grande alcance dos fogos disparados por esse sistema quando comparado com a artilharia de tubo o torna ideal para bater alvos localizados na retaguarda profunda do inimigo, como bases logísticas, tropas em reserva, instalações estratégicas, postos de comando, etc. (BRASIL, 1999, p. 4-3)

A diversidade de alvos que o ASTROS é capaz de atingir faz com que o planejamento prévio da missão, não apenas nos aspectos táticos, mas também nos técnicos, seja essencial para que o efeito desejado seja atingido em sua plenitude. A escolha de um tipo de foguete menos adequado para determinado tipo de alvo, ou de um volume de fogos aquém do necessário para determinada quantidade de danos pode fazer com que a missão fracasse.

Esse planejamento é realizado no CST, (Computador Tático) que é um dos softwares da VBPC 4x4 MSR (Viatura Blindada Posto de Comando e Controle 4x4 Média Sobre Rodas). O CST é utilizado para, entre outras funcionalidades, escolher o tipo de foguete ideal para cada tipo de alvo, bem como a quantidade de foguetes que será necessária em função do tamanho do alvo, do efeito desejado e do nível de certeza. (AVIBRAS, 2016b, p. 3-21)

Esse mesmo processo de escolha dos foguetes pode ser feito por meios não eletrônicos, através das Fichas de Determinação do Tipo de Foguete e de Método de Ataque. Nela é realizado o mesmo processo que no computador, considerando as mesmas variáveis, porém de maneira manual em uma ficha física. Ao final da ficha, os foguetes são colocados em uma ordem de prioridade, de acordo com o que for mais ou menos adequado para a missão, e também quantos foguetes, contêineres e lançadoras serão utilizados. (BRASIL, 2020, p. 2-2)

1.1 PROBLEMA

Com a possibilidade de usar dois métodos para obter a mesma informação, surge a necessidade que ambos os métodos, com as mesmas variáveis, cheguem aos mesmos resultados. Entretanto, isso não pode não ocorrer em um dos outros softwares da VBPC. O Computador de Tiro (CCT), com determinados dados em alcance, azimute topo e fatores mensuráveis, resulta em determinados azimute e elevação. Caso o cálculo do tiro seja feita pelos métodos convencionais, as mesmas variáveis por vezes resultam em azimute e elevação diferentes. Ou seja, o método eletrônico não dá os mesmos resultados que o método convencional. Uma das razões para isso é que não há parâmetros de temperatura e pressão pré estabelecidos no método convencional.

Por isso, é necessário descobrir se no caso do CST os valores obtidos com o método convencional correspondem exatamente ao valores obtidos no computador. Ou seja, é preciso verificar se com alvos de mesma dimensão, para um mesmo valor de efeito desejado e de nível de certeza, o método convencional e o CST resultam em um mesmo tipo e quantidade de foguetes.

1.2 OBJETIVOS

O objetivo geral do trabalho é comparar as duas formas de calcular o Método de Ataque para as missões de tiro: o Método Convencional e aquele calculado pelo CST, de forma a verificar se existem divergências entre os resultados dos dois, e comprovando se os resultados do CST são confiáveis em relação ao número de foguetes para determinada missão de tiro.

Os objetivos específicos são:

a) Verificar de forma experimental, no Computador Tático, se com as mesmas variáveis quanto ao alcance, tamanho do alvo, altitude da lançadora, efeito desejado e nível de certeza, os resultados são os correspondentes aos calculados de forma manual, através da Ficha do Método de Ataque;

b) Caso os resultados tenham divergência, descobrir quais são os fatores que podem ser os possíveis responsáveis pelas diferenças.

1.3 JUSTIFICATIVAS

O Sistema ASTROS deve muito de sua capacidade de cumprir as missões de tiro com rapidez devido à possibilidade de usar os meios eletrônicos para acelerar seus diversos processos necessários para realizar o tiro, como o próprio cálculo dos elementos de tiro, por exemplo. Porém, é necessário que haja a certeza de que os elementos obtidos pelo computador estão realmente corretos. Ter essa certeza fará com que os operadores tenham mais confiança no sistema com o qual trabalham. Para isso, é preciso realizar diversos testes com os sistemas, tanto para averiguar o bom funcionamento deles, quanto para sugerir possíveis melhorias nos softwares das viaturas. Caso sejam identificadas discrepâncias, elas devem ser relatadas para a empresa fabricante das viaturas, visando o aprimoramento do Sistema ASTROS como um todo.

Por outro lado, é possível também que o método convencional, ensinado no manual de direção de tiro da Avibrás, esteja desatualizado em relação ao algoritmo do CST. Por isso a importância de se comparar as duas formas de se chegar ao número de foguetes necessário para cumprir uma missão de tiro.

2 METODOLOGIA

Foi realizada uma abordagem quantitativa para que fosse possível chegar à resposta do problema anteriormente exposto. Como se trata de uma análise comparativa a partir de números, só é possível chegar a uma conclusão através da experimentação, a qual foi realizada no próprio Computador Tático da VBPC-MSR. Para tanto, buscou-se eliminar e controlar a maior quantidade possível de variáveis.

2.1 REVISÃO DE LITERATURA

A principal fonte de informações para esse trabalho foram os dois manuais de Direção de Tiro fornecidos pela Avibrás. Nesses manuais estão dispostos todos os procedimentos necessários para realizar o cálculo manual do número de foguetes necessário para uma determinada missão de tiro. Eles também fornecem gráficos relacionados às propriedades dos foguetes. Para este trabalho, o principal gráfico utilizado foi o relacionado à densidade de foguetes por km^2 , porque ele interfere diretamente no número de foguetes utilizados.

Há um desses gráficos para cada tipo de foguete, e a densidade de foguetes está em função do Efeito desejado no alvo (que é a porcentagem de baixas esperada em um alvo) e do nível de confiança (porcentagem que indica a chance de o efeito no alvo ser atingido).

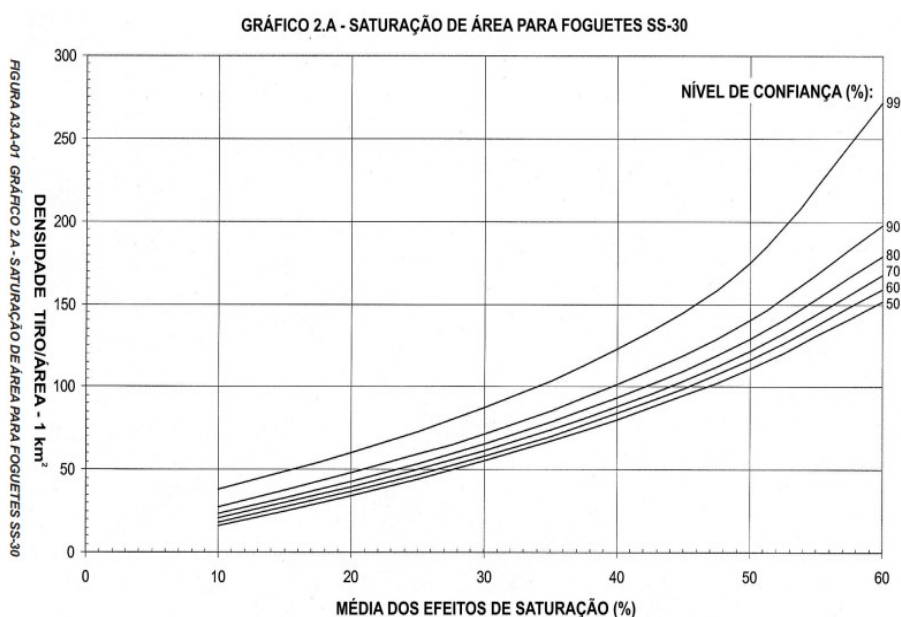


Figura 1- Exemplo de gráfico de densidade de saturação

(Fonte: AVIBRAS, 2020, p.13)

Para facilitar os trabalhos, o CI Art Msl Fgt converteu esses gráficos em uma tabela de fácil visualização.

Tabela de Volume de Fogos de Foguetes/Km²:

Foguete SS-30:							Foguete SS-60 MW:						
Saturação	Nível de Certeza						Saturação	Nível de Certeza					
	50%	60%	70%	80%	90%	99%		50%	60%	70%	80%	90%	99%
10%	16,13	17,81	19,69	22	25,44	34,5	10%	2,13	2,43	2,74	3,13	3,68	4,99
20%	34,4	36,6	39,1	42,2	46,7	58,7	20%	4,51	4,84	5,2	5,65	6,28	7,84
30%	55,43	58,29	61,57	65,57	71,57	87	30%	7,2	7,61	8,04	8,56	9,31	11,19
40%	80,2	84,08	88,37	93,67	101,22	121,22	40%	10,38	10,85	11,38	12	12,93	15,28
50%	111,18	116,18	121,76	128,53	138,82	164,41	50%	14,2	14,8	15,47	16,27	17,47	20,6
60%	151,81	158,33	165,91	175,45	189,09	223,18	60%	19,1	19,9	20,81	21,90	23,62	28,19

Foguete SS-40:							Foguete SS-80 MW:						
Saturação	Nível de Certeza						Saturação	Nível de Certeza					
	50%	60%	70%	80%	90%	99%		50%	60%	70%	80%	90%	99%
10%	9,43	9,76	10,17	10,67	11,38	13,29	10%	2,28	2,53	2,78	3,09	3,55	4,67
20%	20,18	20,77	21,49	22,32	23,59	26,77	20%	4,84	5,13	5,45	5,84	6,39	7,77
30%	32,79	33,71	34,71	36	37,86	42,6	30%	7,8	8,14	8,54	9,02	9,72	11,48
40%	47,9	49,3	50,7	52,5	55,1	61,7	40%	11,26	11,71	12,24	12,84	13,74	16,11
50%	67,14	69	71	73,43	77	85,71	50%	15,56	16,15	16,81	17,63	18,89	22,19
60%	92,6	95,2	98	101,4	106,2	118,2	60%	21,05	21,89	22,89	24,05	25,89	30,79

Figura 2- Tabela de densidade de saturação

Fonte: BRASIL, 2020, p. 2-7

O processo para obter a quantidade necessária de foguetes para uma missão de tiro é simples: basta multiplicar o valor encontrado na tabela (a partir do efeito e do nível de confiança) pela área do alvo a ser batido. Por exemplo, um alvo de 2 km², batido com o foguete SS-30, com nível de saturação de 10% e nível de certeza de 50%:

$$2 \times 16,13 = 32,26 = 32 \text{ foguetes}$$

Porém, caso o alvo seja menor do que a Área Eficazmente Batida (que corresponde à dispersão natural dos foguetes, área onde se encontram 93,7% dos impactos), deve ser usado o valor da AEB. Encontra-se tal valor multiplicando o Erro Circular Provável (CEP) do alcance utilizado (é necessário consultar a tabela de tiro) por 2, e depois por π (para alvo circular, área = πr^2).

Deve-se ainda, depois de calculado o número de foguetes, fazer com que esse número possibilite não deixar contêineres parcialmente usados, ou seja, com foguetes sobrando. Consegue-se isso, no caso dos foguetes SS30 e SS40, utilizando o número múltiplo de 8 ou 4, respectivamente, seguinte ao encontrado no cálculo. (BRASIL, 2020, p. 2-1 - 2-21)

Para facilitar esse processo, o CI Art criou a ficha de Método de Ataque.

Método de Ataque						
Foguete	Altitude da Lançadora	Alcance para o Alvo	Área do Alvo	AEB da Lançadora	Área Alvo > AEB	Área Alvo ≤ AEB
SS-30	m	Km	Km ²	Km ²		
SS-40	m	Km	Km ²	Km ²		
SS-60	m	Km	Km ²	Km ²		
SS-80	m	Km	Km ²	Km ²		

Cálculo da Área Eficazmente Batida (AEB)						
Raio do CEP	Fator Multiplicador	Raio da AEB	Raio da AEB	(Raio da AEB) ²	$\times \pi$	AEB da Lançadora
Km	$\times 2$	= Km	\times Km	= Km ²	$\times 3,14$	= Km ²

Área do Alvo Maior que a Área Eficazmente Batida (AEB)							
Área do Alvo		AEB da Lançadora			Quantidade de Pontos de Pontaria		
Km ²		Km ²			=		
Saturação	Nível de Certeza	Densidade de Tiro	Área do Alvo (Km ²)	Nr de Foguetes	Múltiplo Maior (*)	Nr de Foguetes/Lançadora	Quantidade de Lançadoras
%	%	Fog /Km ²	\times	=		\div	=

Área do Alvo Menor ou Igual que a Área Eficazmente Batida (AEB)								
Quantidade de Pontos de Pontaria	Saturação	Nível de Certeza	Densidade de Tiro	AEB da Lançadora (Km ²)	Quantidade de Foguetes	Múltiplo Maior (*)	Nr de Foguetes/Lançadora	Quantidade de Lançadoras
1	%	%	Fog /Km ²	\times	=		\div	=

	Foguete	Foguetes/Contêiner	Foguetes/Lançadora
(*) Utiliza-se o múltiplo maior dependendo do tipo de foguete para utilizar todos os foguetes de um contêiner.	SS-30	8	32
	SS-40	4	16
	SS-60	1	4
	SS-80	1	4

Figura 3- Ficha de Método de Ataque

Fonte: SOUZA, 2020, p. 21

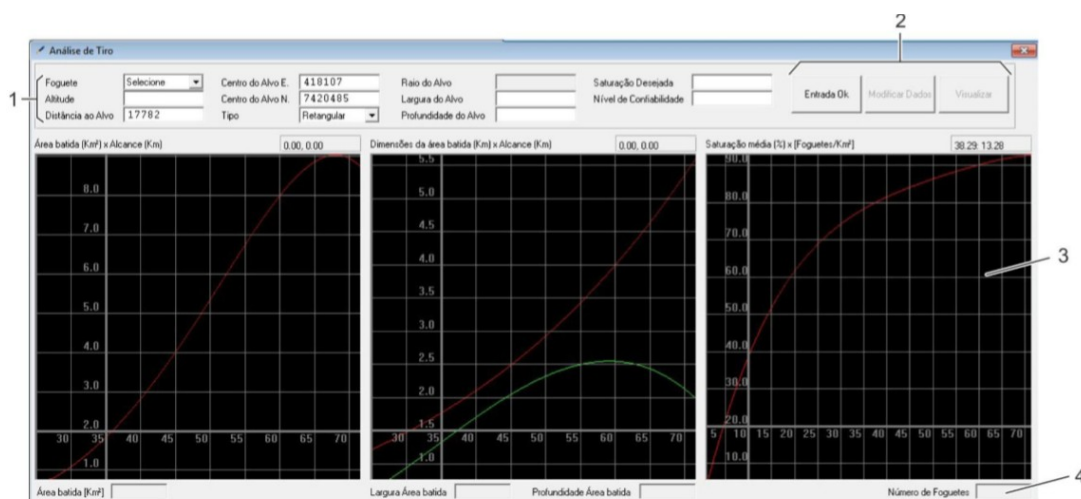


Figura 4- Tela do Software Análise da Missão, do CST

Fonte: AVIBRAS, 2020b, p. 3-24

O método utilizado no CST é semelhante, porém os cálculos são feitos de maneira automática. O operador precisa apenas preencher os dados nos locais

corretos, e o sistema diz qual é o número de foguetes necessário. (AVIBRAS, 2016b, p.3-25)

2.2 COLETA DE DADOS

Os testes com o Software Análise da Missão, no Computador Tático, foram realizados no dia 18 de setembro de 2020, na VBCC-MSR nº 315 localizada no CI Art Msl Fgt. Ao todo, foram simuladas 16 missões de tiro, utilizando todos os fatores que influenciam na quantidade de foguetes.

Antes dos testes, as mesmas variáveis foram utilizadas para realizar os cálculos manuais, sendo possível comparar os resultados. Foram utilizados quatro tipos de foguete. Para cada um, foram escolhidos quatro alcances, quatro altitudes, dois tamanhos de alvos, quatro valores de saturação e quatro níveis de certeza.

Os foguetes utilizados foram: o SS-30, o SS-40, o SS-60 MW e o SS-80 MW. Eles foram escolhidos pois são os foguetes previstos para planejamento e emprego pelo Exército Brasileiro. O SS-09 TS foi desconsiderado pois não é utilizado em operações reais, somente para treinamento, não possuindo por isso valores de densidade de foguetes, não sendo possível determinar um volume de fogos para ele.

Os alcances utilizados para cada foguete variaram, pois não seria possível usar os mesmos valores para todos, já que estes possuem alcances mínimos e máximos distintos. Foi dada preferência por escolher alcances próximos ao mínimo e ao máximo de cada foguete, e também a intervalos regulares.

As altitudes escolhidas foram as permitidas pelo sistema, o qual limita o valor a 3000m. Assim, foram usados os valores de 0m, 1000m, 2000m e 3000m.

Para o tamanho dos alvos, foi dada a preferência por utilizar um alvo muito pequeno para os padrões da Artilharia de Mísseis e Foguetes, e outro muito grande, para que fosse possível comparar como o Computador Tático agia quando o alvo era maior ou menor do que a AEB. Para que o menor alvo tivesse sempre um valor menor que a AEB, foi usado o valor de 300 metros de raio, o que equivale a uma área de 0,2826 km². Para o alvo grande tivesse sempre um valor maior que a AEB, foi usado o valor de 2 km de raio, o que equivale a 12,56 km². Foram utilizados apenas alvos circulares, pois o próprio Manual de Técnica de Tiro da Avibrás admite que para alvos retangulares o número de foguetes é ligeiramente discrepante. (AVIBRAS, 2016^a, p.2-9)

Para os valores de saturação, foram utilizadas aleatoriamente as porcentagens de 10%, 20%, 30% e 50%. Para o nível de certeza, também aleatoriamente foram usados os valores de 50%, 60%, 80% e 99%.

Para não haver contaminação nos dados obtidos, as variáveis foram misturadas para cada foguete. Por exemplo, no caso de haver uma discrepância em todos os testes utilizando o nível de certeza de 60%, mas em todos esses casos a saturação desejada fosse de 30%, não seria possível saber qual das variáveis é responsável pelo problema.

SS-30					
Tiro	Distância	Tamanho do alvo	Efeito	Nível de Certeza	Altitude
1	20km	0,2826km ²	10%	50%	0m
2	25km	12,56km ²	20%	60%	1000m
3	30km	0,2826km ²	30%	80%	2000m
4	35km	12,56km ²	50%	99%	3000m
SS-40					
Tiro	Distância	Tamanho do alvo	Efeito	Nível de Certeza	Altitude
5	20km	12,56km ²	20%	80%	3000m
6	24km	0,2826km ²	30%	99%	0m
7	28km	12,56km ²	50%	50%	1000m
8	32km	0,2826km ²	10%	60%	2000m
SS-60 MW					
Tiro	Distância	Tamanho do alvo	Efeito	Nível de Certeza	Altitude
9	30km	0,2826km ²	30%	60%	2000m
10	40km	0,2826km ²	50%	80%	3000m
11	50km	12,56km ²	10%	99%	0m
12	60km	12,56km ²	20%	50%	1000m
SS-80 MW					
Tiro	Distância	Tamanho do alvo	Efeito	Nível de Certeza	Altitude
13	40km	12,56km ²	50%	60%	0m
14	50km	12,56km ²	10%	80%	2000m
15	60km	0,2826km ²	20%	99%	1000m
16	70km	0,2826km ²	30%	50%	3000m

Tabela 1- Distribuição das variáveis nos testes com o CST

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir estão dispostos os resultados dos testes realizados no CST:

*Valores em vermelho correspondem a uma diferença de mais de 1% em relação à quantidade de foguetes

Tiro	Nº Foguetes Método Convencional	Nº Foguetes CST
1	27	8
2	460	460
3	161	76
4	2065	2067
5	280	281
6	46	30
7	843	843
8	20	14
9	4	9
10	28	37
11	63	63
12	57	57
13	203	203
14	39	39
15	51	52
16	59	63

Tabela 2- Resultados gerais

Tiro	Nº Foguetes Método Convencional	Nº Foguetes CST
1	27	8
8	20	14
11	63	63
14	39	39

Tabela 3- Resultados com testes para 10% de saturação

Tiro	Nº Foguetes Método Convencional	Nº Foguetes CST
2	460	460
5	280	281
12	57	57
15	51	52

Tabela 4- Resultados com testes para 20% de saturação

Tiro	Nº Foguetes Método Convencional	Nº Foguetes CST
3	161	76
6	46	30
9	4	9
16	59	63

Tabela 5- Resultados com testes para 30% de saturação

Tiro	Nº Foguetes Método Convencional	Nº Foguetes CST
4	2065	2067
7	843	843
10	28	37
13	203	203

Tabela 6- Resultados com testes para 50% de saturação

Tiro	Nº Foguetes Método Convencional	Nº Foguetes CST
1	27	8
7	843	843
12	57	57
16	59	63

Tabela 7- Resultados com testes para 50% de nível de certeza

Tiro	Nº Foguetes Método Convencional	Nº Foguetes CST
2	460	460
8	20	14
9	4	9
13	203	203

Tabela 8- Resultados com testes para 60% de nível de certeza

Tiro	Nº Foguetes Método Convencional	Nº Foguetes CST
3	161	76
5	280	281
10	28	37
14	39	39

Tabela 9- Resultados com testes para 80% de nível de certeza

Tiro	Nº Foguetes Método Convencional	Nº Foguetes CST
4	2065	2067
6	46	30
11	63	63
15	51	52

Tabela 10- Resultados com testes para 99% de nível de certeza

Tiro	Nº Foguetes Método Convencional	Nº Foguetes CST
1	27	8
6	46	30
11	63	63
13	203	203

Tabela 11- Resultados com testes para altitude de 0m

Tiro	Nº Foguetes Método Convencional	Nº Foguetes CST
2	460	460
7	843	843
12	57	57
15	51	52

Tabela 12- Resultados com testes para altitude de 1000m

Tiro	Nº Foguetes Método Convencional	Nº Foguetes CST
3	161	76
8	20	14
9	4	9
14	39	39

Tabela 13- Resultados com testes para altitude de 2000m

Tiro	Nº Foguetes Método Convencional	Nº Foguetes CST
4	2065	2067
5	280	281
10	28	37
16	59	63

Tabela 14- Resultados com testes para altitude de 3000m

Tiro	Nº Foguetes Método Convencional	Nº Foguetes CST
1	27	8
3	161	76
6	46	30
8	20	14
9	4	9
10	28	37
15	51	52
16	59	63

Tabela 15- Resultados com testes para alvo de 0,2826 km²

Tiro	Nº Foguetes Método Convencional	Nº Foguetes CST
2	460	460
4	2065	2067
5	280	281
7	843	843
11	63	63
12	57	57
13	203	203
14	39	39

Tabela 16- Resultados com testes para alvo de 12,56 km²

Ao analisar-se os dados obtidos com os testes no Software Análise da Missão, das viaturas VBPC-MSR e VBCC-MSR, observa-se que existe um padrão para as variáveis que obtiveram maior ou menor precisão. A principal observação quanto à precisão dos dados deu-se quando é comparada a precisão entre os oito alvos de 0,2826 km² e os oito alvos de 12,56 km². Fica evidente que todos os cálculos quanto ao número de foguetes feitos para o maior dos alvos ficaram dentro de uma precisão de 1% entre o número obtido pelo CST e obtido pelo método convencional, utilizando a Ficha de Método de Ataque. Já para o menor dos alvos, a precisão ficou invariavelmente aquém dos 1% de foguetes, chegando a diferenças superiores a três vezes o número de foguetes em um dos casos.

Ao buscar causas para o porquê de todas as vezes em que o alvo é maior que a Área Eficazmente Batida o cálculo manual coincidir com o do Computador Tático, mas sempre que o alvo é menor que a AEB o resultado é muito diferente, é possível chegar à diversas conclusões. A primeira é que a fórmula fornecida pelos manuais de tiro (área x densidade de foguetes) deve estar correta, pois ela deu

resultados satisfatórios para o maior dos alvos. Essa fórmula quase certamente é a utilizada pelo algoritmo do CST.

Como a Tabela de Volume de Fogos a partir do efeito desejado e do nível de certeza é utilizada tanto para os casos satisfatórios quanto para os não satisfatórios, também é quase certo que os valores encontrados nela são confiáveis, e também utilizados pelo CST para calcular o número de foguetes.

Porém, quanto à área, existe uma diferença entre os dois alvos. Para o de 12,56 km² esse próprio valor é utilizado. Para o de 0,2826 km², como ele é menor do que a AEB de qualquer um dos testes que foram feitos, o valor da área utilizada varia de acordo com o foguete, o alcance e a altitude da lançadora.

No método convencional, é utilizado o valor do CEP do alcance como base. Multiplica-se esse valor por 2 para obter-se o raio da AEB. A partir daí usa-se a fórmula da área de um círculo para chegar à área que será batida. Já no sistema do CST, simplesmente insere-se o raio do alvo, e o sistema calcula automaticamente a área para ser utilizada na fórmula. Entretanto, existe um valor mínimo que pode ser inserido no campo de raio do alvo. Esse valor deveria ser o mesmo que duas vezes o CEP, para que a AEB calculada pelo sistema e pelo método convencional fossem as mesmas. Contudo, não é isso que acontece.

Tiro	Valor de 2xCEP para determinado alcance	Valor mínimo que pode ser inserido no sistema
1	730	391
3	884	604
6	588	466
8	800	633
9	416	592
10	736	849
15	1450	1446
16	1597	1558

Tabela 17- Valor de 2xCEP x valor que pode ser inserido no sistema

Fica claro que o sistema do CST considera um valor diferente para o valor do raio da AEB do que o método convencional utiliza, a partir das tabelas de tiro.

Para testar se a hipótese de o causador da diferença ser unicamente essa diferença no valor da Área Eficazmente Batida, mantendo-se todos os outros elementos para o cálculo do número de foguetes (Tabela de Volume de Fogos, cálculo da área, etc.), foram calculados novamente o número de foguetes das

missões utilizando o alvo de 0,2826 km², manualmente, porém dessa vez usando o valor mínimo que pode ser inserido no sistema como raio da AEB na Ficha de Método de Ataque. Caso o restante dos elementos estivessem corretos, e o Computador Tático realmente use os métodos ensinados nos manuais de direção de tiro, então os novos valores deveriam coincidir com aqueles encontrados pelo sistema, estando o erro apenas no valor mínimo considerado pelo software para o raio da AEB.

Tiro	Nº de foguetes encontrado pelo cálculo manual utilizando raio da AEB= 2x CEP	Nº de foguetes encontrado pelo CST	Nº de foguetes encontrado pelo cálculo manual utilizando raio da AEB= Valor mínimo que pode ser inserido no CST
1	27	8	8
3	161	76	75
6	46	30	29
8	20	14	12
9	4	9	8
10	28	37	37
15	51	52	51
16	59	63	59

Tabela 18- Nº de foguetes a partir de diferentes raios da AEB

É visível que o novo cálculo manual aproximou-se dos resultados obtidos pelo CST, confirmando que a fórmula dos manuais e a tabela de densidade de foguetes são válidas, estando a diferença somente entre o valor do raio da AEB e o valor mínimo de raio do alvo do sistema.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após os testes com o software Análise da Missão, disponível no Computador Tático da VBPC-MSR, foi possível confirmar que os métodos ensinados nos manuais de Técnica de Tiro disponibilizados pela Avibrás são realmente aqueles que são utilizados pelo sistema da viatura para realizar o cálculo do número necessário de foguetes para uma determinada missão de tiro. Foi confirmado que a Tabela de Volume de Fogos em função da saturação desejada e do nível de certeza é condizente com a utilizada pelo software, assim como a fórmula $\text{área} \times \text{densidade de foguetes} = \text{número de foguetes da missão}$.

Porém, houve divergências quando foram testados alvos de valor menor do que a AEB. O número de foguetes calculado foi muito diferente quando comparados os dois métodos. A razão para essa incompatibilidade se provou ser a diferença entre o valor do raio da AEB (2xCEP da tabela de tiro) e do valor mínimo que pode ser inserido na viatura. Entretanto, é necessário cobrar esclarecimentos da Avibrás sobre tais discrepâncias. Existem apenas duas possibilidades: Ou o valor do CEP/raio da AEB inserido nas viaturas não corresponde com o valor das tabelas de tiro, ou então a Ficha de Método de Ataque está incorreta ao prever o CEP como base para os cálculos da Área Eficazmente Batida, devendo utilizar esse valor mínimo que pode ser inserido nas viaturas. Nesse caso, caberia à Avibrás explicar qual seria a origem desse número, e se ele possui algum tipo de relação com o CEP das tabelas de tiro ou não.

Outro ponto de interesse é a interface do software Análise da Missão, na parte de inserção dos dados referentes ao alvo. Um dos campos a serem preenchidos é o da altitude do alvo. Porém, não existe campo para preencher a altitude da bateria. Esse fato é incongruente com o Método Convencional utilizado, porque sendo o CEP dependente da altitude da lançadora, e não do alvo, e sendo também a base para o cálculo da AEB, valores diferentes na altitude da lançadora influenciariam no tamanho da AEB, influenciando também o número de foguetes. Assim, caso a Avibrás confirme que os manuais estão corretos, o campo de altitude do alvo deveria ser substituído por altitude da lançadora/ bateria, já que não há indícios de que o sistema consiga carregar a altitude da bateria automaticamente da carta.

Como oportunidade de melhoria, foi notado que o sistema do CST não busca calcular um número de foguetes que use os contêineres por completo, diferente do

Método Convencional, que através do múltiplo maior consegue fazer com que não restem foguetes não utilizados em uma lançadora.

Por fim, recomenda-se que enquanto não houver resposta da Avibrás quanto às questões levantadas, a Ficha de Método de Ataque deve continuar a ser utilizada, em detrimento do método eletrônico, já que não existe a certeza de que este último seja confiável quando o alvo é menor do que a AEB. Além disso, em caso de emprego real, a agilidade nos trabalhos de planejamento não fica comprometida, já que esta ficha é feita rapidamente com o auxílio de uma calculadora simples.

REFERÊNCIAS

AVIBRAS. **MANUAL DE DIREÇÃO DE TIRO SISTEMA ASTROS MK6**. Edição. São Paulo, SP, 2016a.

AVIBRAS. **MANUAL DE DIREÇÃO DE TIRO SISTEMA ASTROS: ASTROS MK6**. Edição. São Paulo, SP, 2020.

AVIBRAS. **MANUAL DE OPERAÇÃO DOS SOFTWARES DAS VIATURAS DE COMANDO E CONTROLE (AV-VCC E AV-PCC)**. Edição. São Paulo, SP, 2016b.

BASTOS, Expedito Carlos Stephani. **UMA REALIDADE BRASILEIRA: SISTEMA DE ARTILHARIA DE FOGUETES ASTROS II**. 1ª Edição. Juiz de Fora, MG: ECSB Defesa, 2009.

BRASIL. Exército. **C 6-16 BATERIA DE LANÇADORES MÚLTIPLOS DE FOGUETES**. 2. ed. Brasília, DF, 1999.

BRASIL. Exército. **NOTA DE AULA TÉCNICA DE TIRO**. CDout Ex 9ª Edição. Formosa, GO, 2020.

SOUZA, André Costa de. **CÁLCULO DO VOLUME DE FOGO PARA OS FOGUETES DO SISTEMA ASTROS**. Formosa, GO, 2020